スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク
SPINTRONICS RESEARCH NETWORK OF JAPAN

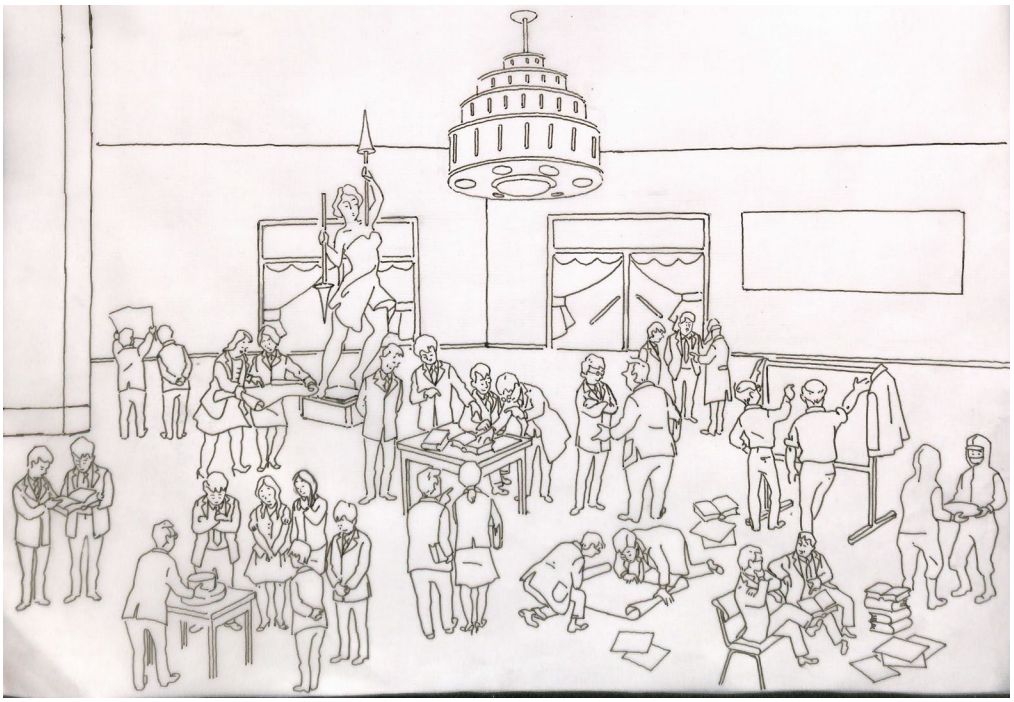
東京大学工学系研究科
スピントロニクス学術連携研究教育センター
Center for Spintronics Research Network

2021 年
強的秩序とその操作に関する第 12 回 講演会

日時: 2021 年 1 月 4 日 (月)

場所: ONLINE (zoom)

事前登録: 要, 参加費:無料



主催:公益社団法人応用物理学会 強的秩序とその操作に関わる研究会

共催:公益社団法人応用物理学会東北支部

:東京大学スピントロニクス学術連携研究教育センター(CSRN-Tokyo)

:スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク(Spin-RNJ)

後援:公益社団法人応用物理学会スピントロニクス研究会

:日本誘電体学会

薄膜作製用 単結晶基板

～ High Quality Single Crystal Substrates ～

酸化物単結晶

- MgO
- SrTiO3
- LaAlO3
- REScO3
- YAlO3
- KTaO3
- BaTiO3
- NdGaO3
- LSAT
- ZnO
- YSZ
- GGG / SGGG
- SLAO / SLGO
- サファイア 等

アルカリハライド単結晶

- CaF2
- BaF2
- MgF2
- SrF2
- KCl
- NaCl
- KBr 等

金属単結晶

表面科学、ターゲット材向け

- Au（金）
- Cu（銅）
- Fe（鉄）
- Ag（銀）
- Cd（カドミウム）
- Al（アルミニウム）
- Co（コバルト）
- Pt（白金）
- Ta（タンタル）
- Ni（ニッケル）
- W（タングステン）
- Zn（亜鉛）等

有限会社ケイ・アンド・アール クリエーション

K&R Creation Co., Ltd.

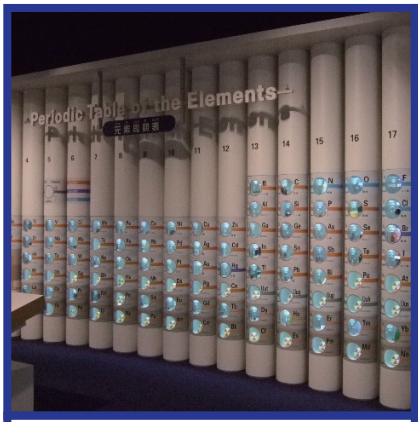
お問い合わせは、E-mail: info@k-and-r.co.jp または TEL: 072-752-7975

商品詳細は、URL: http://www.k-and-r.co.jp からどうぞ。

元素周期標本

高純度化学研究所では、ガス、放射性元素等を除く周期表の元素について実物の元素標本試料をご提供しております。当社で取り扱っている製品の幅広い品揃えは周期表を網羅しており、長年培ってきた技術により、お取り扱いの難しいアルカリ金属等においても当社独自の処理技術を採用することでご提供が可能です。2012 年夏に国立科学博物館で開催された特別展「元素のふしぎ」への寄贈や名古屋市科学館、秋田大学鉱業博物館にも当社の元素標本試料をご提供しております。各種学校向けの教材として、当社オリジナルの周期表を使用した、A1・A2 サイズの簡易的な周期標本の取り扱いも開始致しました。

オーダーメイドの標本では、標本試料形状や試料数等、お客様のご要望に合わせて対応しております。また、ご購入後の標本試料のサポートにも対応致します。



高純度化学研究所の実物周期標本

展示風景：

国立科学博物館 (右下)
名古屋市科学館（左上）
秋田大学鉱業博物館（右上）
東京工業大学（左下）

国立科学博物館
http://www.kahaku.go.jp /

名古屋市科学館
http://www.ncsm.city.nagoya.jp/

秋田大学鉱業博物館
http://www.mus.akita-u.ac.jp/

東京工業大学
http://www.titech.ac.jp/

＊公式 Facebook ページ＊

Amazing World of Elements
by Kojundo Chemical Lab.

周期表や元素をモチーフとしたグッズの紹介等を行っております。

Kojundo Facebook 検索

High Purity Materials
KOJUNDO CHEMICAL LABORATORY CO.,LTD
be with our "Blue-elements"
株式会社 高純度化学研究所

本社　〒350-0284　埼玉県坂戸市千代田 5 丁目 1 番 28 号　TEL.049-284-1511　FAX.049-284-1351

営業社員募集

ご連絡・お問い合わせ先 049-284-6661

㈱高純度化学研究所では、
現在営業の社員を募集しております。

詳しくはこちら→
http://www.kojundo.co.jp/Japanese/Recruit/offSeason.html

美しい地球の未来へ

TANAKA
The Future is Precious

環境エネルギー、エレクトロニクス、モビリティ、通信、医療・・・
貴金属の可能性は無限大です。
新しい技術が生まれるとき、貴金属は高いパフォーマンスを発揮してくれます。
私たちはその可能性をみつけだし、大きく育てていく使命があります。
ゆとりある豊かな社会の実現と美しい地球の未来のために
TANAKAは貴金属のプロフェッショナルであり続けます。

田中貴金属グループ

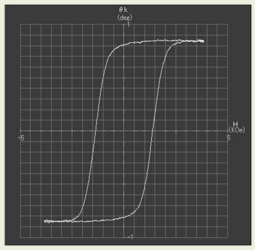
➡ **http://pro.tanaka.co.jp**

貴金属8元素の特性や役割を分かりやすく解説!
ここをクリックしてね!

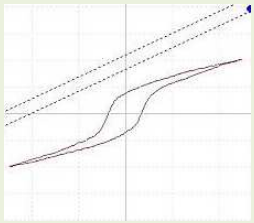
強誘電体・強磁性体をめぐる いろいろな光・レーザ技術

測る

磁気
(Kerr効果)
ヒステリシス



分極
ヒステリシス

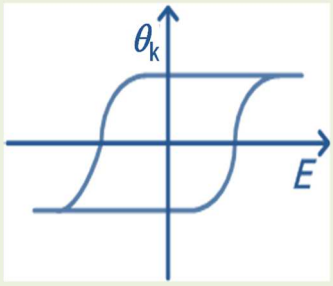


"はかる"技術で未来を創る
東陽テクニカ
強誘電体特性評価装置は
株式会社東陽テクニカ製造製品です。

Kerr効果－電場 ヒステリシス 測定

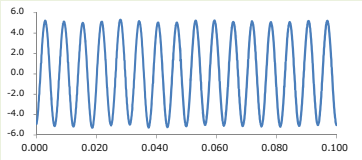
上部透明電極ドットと
下部電極薄膜間への電場印加

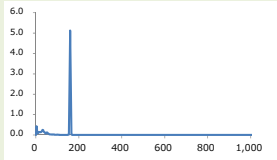
強磁性強誘電薄膜の
局所磁気特性変化の検出

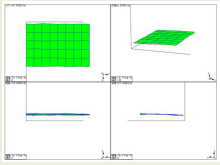


※本技術は
秋田大学大学院
理工学研究科
附属理工学研究センター
吉村哲准教授との
共同開発技術です。

圧電素子などの
振動速度・変位





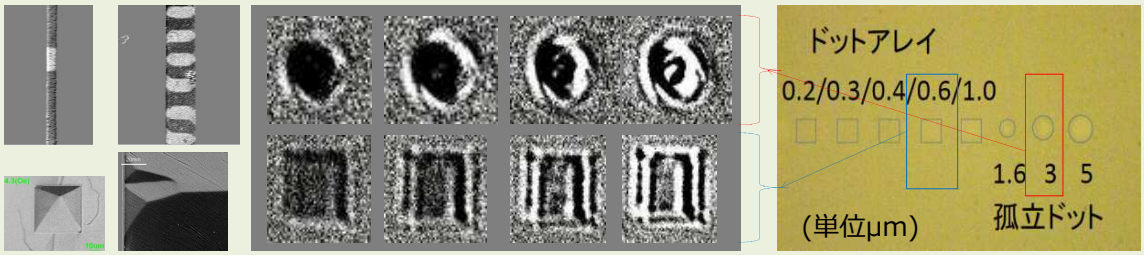


レーザドップラ振動計や
レーザ干渉計システムによる
非接触 速度・変位計測

観る

偏光像
磁区構造

磁区観察顕微鏡での パターンサンプル 磁区構造観察画像

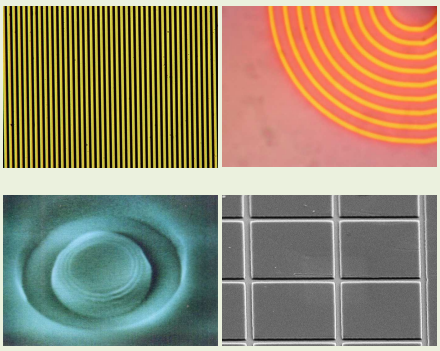


上：東北大学 多元物質科学研究所 北上研究室ご提供 PtCoドットサンプル

創る

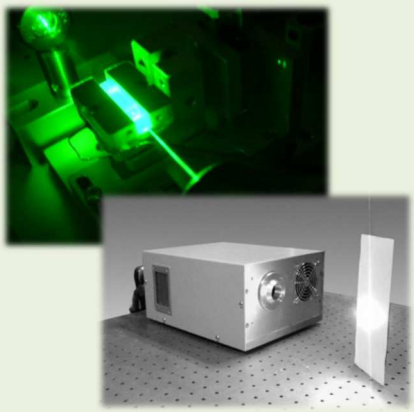
フォト
リソグラフィ

レーザや白色光を用いた直接露光



加える

局所加熱
光加振
etc.



光への想いを形にする
レーザとレーザ応用システムの総合メーカー
ネオアーク株式会社

上記内容や、上記以外の光・レーザに関するご相談、承ります。

ホームページ：	http://www.neoark.co.jp/
お問い合せ：	営業部 03-6379-5539
Eメール：	info@neoark.co.jp

株式会社 富士交易

speedflo™

高速アルゴリズム搭載

反応スパッタ用ガスコントローラ
プラズマエミッションモニタ

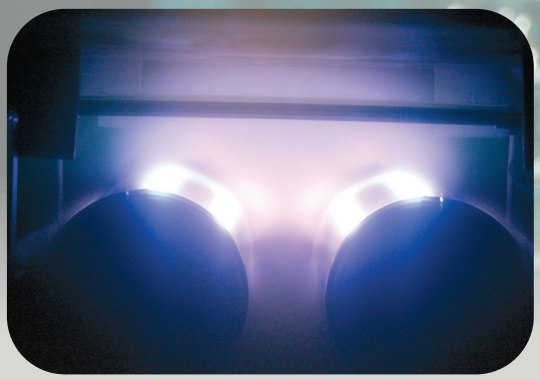
反応性スパッタでの成膜速度高速化
成膜再現性の向上
成膜プロセス状態のリアルタイム監視
製品ばらつきの改善

スピードフロ・ミニ

スピードフロ・スタンダード

プラズマモニタによるリアルタイム
プロセス監視

プロセスフィードバック信号と
アルゴリズムによる高速ガス制御



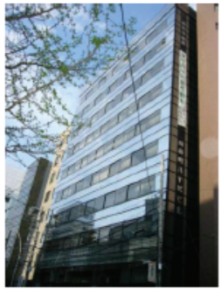
株式会社 富士交易 エレクトロニクス営業部
東京都中央区日本橋3-13-5 KDX日本橋313ビル 03(3274)2310
http://www.fuji-koeki.co.jp/

MA-tek
Global R&D Partner
Materials Analysis Technology

世界トップクラスの半導体受託分析サービス

【日本法人】

商　　号	日本マーテック株式会社
所　在　地	大阪市北区南森町 2-2-9 南森町八千代ビル 7 階
資　本　金	1,000 万円
株　　主	Materials Analysis Technology Inc.（100%）
設　　立	2007 年 11 月
代　　表	代表取締役 王　建華
U　R　L	www.ma-tek.jp


大阪オフィス

【台湾本社】

商　　号	Materials Analysis Technology Inc.（略称 ：MA-tek）
所　在　地	Room 1A4, 1F, No.1, LiHsing Rd. I, Hsinchu Science Park, Hsinchu, Taiwan （台湾 新竹市／新竹科学園区）
資　本　金	NT$463,000,000 （約 15 億円）
設　　立	2002 年 5 月
代　　表	CEO　謝 詠芬 博士（Dr. Yong-Fen Hsieh）
研究拠点	1) SOC-site ：材料分析ラボ （台湾 新竹市／新竹科学工業園区） 2) JS-site ：信頼性試験ラボ （台湾 新竹市／新竹科学工業園区） 3) JB-site ：EFA／PFA ラボ （台湾 竹北市／台元科技園区） 4) HC-site ：EFA／PFA ラボ （台湾 新竹市／新竹科学工業園区） 5) SH-site ：EFA／PFA ラボ （中国 上海市／張江高科技園区） 6)TPE-site ：EFA ラボ （台湾 台北市） 7) TN-site ：材料分析ラボ （台湾 台南市）
特　　徴	1) ISO/IEC17025 に基づく独立試験機関として、またエレクトロニクス最先端技術と、知的財産権の取り扱いについて台湾政府より認可を受けた研究所として、国際基準に則った信頼性の高い分析・試験サービスを実施いたします。 2) 技術メンバーの大半が、(国立)工業技術研究院/ITRI や、大手半導体デバイスメーカの R&D 部門や FA 部門出身者であることより、半導体・FPD デバイスの実プロセスに即した提案型の分析・解析サービスを行っております。 3) 現在、世界 15 カ国のお客様と取引実績があり、各国研究機関や、分析機関とのパートナーシップのもと、当社の専門性をもとに、R&D パートナーとしての貢献を目指しております。
認証取得	ISO/IEC17025　ISO/IEC27001 ISO9001
従　業　員	360 人

MA-tek
Global R&D Partner
Materials Analysis Technology

分析・試験サービス 一覧

低コスト・短納期・高品質 No. 1

No	カテゴリ	受託分析・試験サービス	
01	材料分析	TEM	Osiris x2, Tecnai x4
		FIB／SEM	FE-SEM x10, Dual-Beam FIB x14 (Helios, Nova), Single-Beam FIB x10, プラズマ FIB x2
		SIMS	Cameca 6f x3, Cameca 7f - Auto x2
		XPS／ESCA	定性定量, 状態分析, デプスプロファイリング
		3次元計測	高分解能 3D X 線装置 (Versa520)
		特殊試料調整	精密研磨、バックサイド／ウェッジポリッシュ他
02	リバース・エンジニアリング	IC イメージング（平坦精密研磨／チップ全面ステッチ撮影）	
		プロセス構造解析（他社品解析, ベンチマーキング）	
		回路解析（パテント調査）	
03	デバイス評価・故障解析	I-V 評価測定	
		エミッション顕微鏡／OBIRCH／Themos-mini	
		ナノプローバー	
		各種IC開封／非破壊検査(X線・超音波)／高分解能 SAT	
		物理解析評価（表面・断面形態観察, 元素分析 等）	
04	信頼性試験	高低温保存試験（HT, LT）	
		温湿度保存試験（TH）	
		高度加速寿命試験（PCT, HAST）	
		熱衝撃試験（TST）	
		温湿度サイクル試験（TCT）	
		リフロー耐熱性試験（Reflow）	
		高温バイアス試験（OLT）	
		はんだ耐熱試験（Solderability）	
		高温動作寿命試験機(HTOL)	
		ESD 試験（HM, MM, CDM）、ラッチアップ試験、Board Level 試験	
05	回路修正（配線リペア）	FIB 回路修正サービス（8” wafer 対応）	
06	パッケージング	ダイシング・サービス（300mm マルチ対応）	
		Au／Al／Cu ボンディング・サービス	
		ボンドテスター（Wire Pull & Shear /BGA Push）	

※サービスのご利用について、お気軽にお問い合わせ下さい。

営業窓口：
大阪事務所　林 育鋒（georgelin@ma-tek.com）
日本営業部代表メールアドレス（sales_japan@ma-tek.com）
TEL　：　06-4792-7375

分析 EXPert! EXPress! EXPerienced!

日本マーテックは「分析ＥＸＰ.」でお応えするグローバルＲ＆Ｄパートナーです。
最先端の分析技術を、確実 且つスピーディーに、しかも低コストで提供することを使命としています。
専門チームによる徹底した技術サポートによって、合理的な分析ソリューションをお届けいたします。

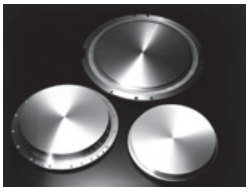
ULVAC SOLUTIONS

ULVAC

Excellent Solution Items

お応えします。ご提案できます。

- 中古機器・装置売買
- 表面処理
- 真空部品・真空材料
- 標準機器のユーザビリティ向上
- 装置の改善改良のご提案
- 再生・精密洗浄
- ファクトリーアウトソーシング（FOS）
- 保守契約・保全相談
- 緊急対応システム



● 北海道・東北地区
岩手CSセンター
千歳分室
宮城CSセンター
山形CSセンター

● 首都圏地区
川崎CSセンター
茂原CSセンター
茅ヶ崎CSセンター

● 東海地区
愛知CSセンター
静岡分室
三重CSセンター
四日市CSセンター

● 中国・四国地区
姫路CSセンター
鳥取分室
徳島分室
広島CSセンター
米子分室
愛媛分室

● 九州地区
福岡CSセンター
北九州営業所
大分CSセンター
熊本CSセンター
宮崎CSセンター
鹿児島CSセンター

● 北関東地区
群馬CSセンター
茨城CSセンター
筑波CSセンター
埼玉CSセンター

● 北陸甲信越地区
長野CSセンター
山梨営業所
石川CSセンター
新潟CSセンター

● 近畿地区
大阪CSセンター1課・2課
大阪CSセンター3課（堺）
滋賀CSセンター

アルバックテクノ株式会社

お問い合わせは
http://www.ulvac-techno.co.jp

または、アルバックテクノ 検索 で、どうぞ。

プログラム

08:30 – zoom オープン

08:50 – 09:00 開会の辞

【オーラルセッション AM-1】座長：野崎 友大（AIST）

09:00 – 09:45 INV-1：磁気キャパシタンス効果の基礎と最近の新展開

〇海住 英生 [1,2] (1 慶大理工、2 慶大スピンセンター)

09:45 – 10:00 Cont-1：Study on the Gilbert damping constant in perpendicular magnetized Pt/Co/Cr_2O_3/Pt stacks

〇T. V. A. Nguyen[1,2,3], Y. Shiratsuchi[6], H. Sato[1,2,3], S. Ikeda[1,2,3], T. Endoh[1,2,3,4,5], Y. Endo[1,2,4] (1 CSIS, Tohoku Univ., 2 CSRN, Tohoku Univ., 3 CIES, Tohoku Univ., 4 Grad. Sch. Eng, Tohoku Univ., 5 RIEC, Tohoku Univ., 6 Grad. Sch. Eng, Osaka Univ.)

10:00 – 10:15 Cont-2：Room temperature ferromagnetic behaviors in $Fe_{2-x}Ti_{1+x}O_5$ solid solution thin films fabricated by pulsed laser deposition

〇Haining Li, Hiroyasu Yamahara, Munetoshi Seki, and Hitoshi Tabata (Univ. of Tokyo)

10:15 – 10:30 Cont-3：Microstructural characterization for Fe-based nanocrystalline soft-magnetic alloy, studied by aberration corrected STEM and XAFS

〇西嶋 雅 [1]、竹中 佳 [1]、牧野 彰 [1]（1 東北大）

10:30 – 10:45 休憩 (15 分)

【オーラルセッション AM-2】座長：佐藤 幸夫（九州大）

10:45 – 11:30 INV-2：機械学習援用 MBE による磁性酸化物のワイル粒子の物性開拓

〇若林 勇希 [1], Yoshiharu Krockenberger[1], 大塚 琢馬 [2], 澤田 宏 [2], 谷保 芳孝 [1], 山本 秀樹 [1](1 NTT 物性研, 2 NTT CS 研)

11:30 – 11:45 Cont-4：$(Bi_{0.5}A_{0.5})(Fe_{1-x}Co_x)O_3$ (A：ランタノイド，X : 0 - 0.3) 薄膜の磁気 Kerr 効果

〇吉村 哲、山本 大地、武田 航太朗、尾関 拓海、江川 元太（秋田大理工）

11:45 – 12:00 Cont-5：反位相境界における構造相転移

〇横田 紘子[1,2], 長谷川 望夢[1], Zheyi An[3], Nan Zhang[3], Marek Paściak[4], Guanjie Zhang[3], A. M. Glazer[5,6] (1 千葉大理, 2 JSTさきがけ, 3 西安交通大学, 4 Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, 5 Oxford大, 6 Warwick大)

12:00 – 12:15 Cont-6：$(1-x)BiFeO_3$-$xBaTiO_3$(x = 0.2, 0.3, 0.4)における Bi イオン変位とナノ構造の関係

〇宮内 隆輝 [1]、佐藤 幸生 [1]、寺西 亮 [1]、金子 賢治 [1]、キム サンウック [2]、藤井 一郎 [3]、上野 慎太郎 [3]、中平 夕貴 [2]、森吉 千佳子 [2]、黒岩 芳弘 [2]、和田 智志 [3] (1 九大工、2 広大先進理工、3 山梨大総合研)

12:15 – 13:15　　昼休憩 (60 分)

13:15 – 14:15　　【ポスターセッション】**zoom ブレークアウトルーム**

P-1：六方晶 $HoFeO_3$ 薄膜の誘電・磁性評価

○小堀 優[1]、濵嵜 容丞[2]、横田 紘子[1] (1 千葉大理、2 防衛大工)

P-2：非線形応答と強相関効果のつながり～ワイル近藤半金属に注目して～

○児藤 鑑、道下 佳寛、Robert Peters (京都大理)

P-3：高圧相 α-PbO_2 型 TiO_2 エピタキシャル薄膜の高圧合成

○笹原 悠輝[1]、金谷 航葵[1]、遊馬 博明[1]、西尾 和記[1]、清水 亮太[1,2]、西山 宣正[3,4]、一杉 太郎[1] (1 東工大物質理工、2JST さきがけ、3 東工大フロンティア研、4 住友電工アドバンス)

P-4：ラシュバ型 SOC が誘起する非相反応答の増大

○品田 晃希、道下 佳寛、Robert Peters (京大理)

P-5：Magnetic structure of $[Fe_3Si/FeSi_2]_{20}$ superlattice

○T. Hanashima[1], J. Suzuki[1], K. Kakurai[1], N. Miyata[1], K. Sakai[2], H. Deguchi[3], Y. Hara[4], S. Takeichi[5], and T. Yoshitake[5] (1CROSS, 2KOSEN, Kurume College, 3Kyushu Institute of Technology, 4KOSEN, Ibaraki College, 5Kyushu University)

P-6：$Co_2FeSi/Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ 界面マルチフェロイク構造における磁気特性の電界変調

○宇佐 見喬政[1]、藤井 竣平[2]、 山田 晋也[1,2]、 白土 優[3,1]、 中谷 亮一[3,1]、 浜屋宏平[1,2]（1 阪大基礎工 CSRN、2 阪大基礎工、3 阪大工）

P-7：KKR グリーン関数法による Co_2MnSi の有限温度における電子状態と伝導特性の計算

○新屋 ひかり[1]、高成柱[2]、福島 鉄也[3]、真砂啓[4]、佐藤和則[5]、吉田博[6]、赤井久純[3] (1 東北大通研、2 東工大物質理工、3 東大物性研、4 阪大 CSRN、5 阪大工、6 東大 CSRN)

P-8：$Co_2FeSi/BaTiO_3$ 界面マルチフェロイク構造における電界誘起ドメイン配向スイッチングを介した磁性の電界変調

○山田晋也[1,2], 寺本侑樹[2],工藤康平[2], 谷山智康[3], 浜屋宏平[1,2] (1 阪大基礎工 CSRN, 2 阪大基礎工, 3 名大理)

P-9：強誘電体 $Ba_{1-x}TiO_3$ の p 型半導体物性と $BaTiO_3$ 薄膜の遮蔽長と反電場

○狩野 旬[1]、押目 典宏[2] (1.岡大工、2.QST)

P-10：第一原理電子状態による Graphene/FePd(001)表面上の構造予測について

○植本 光治[1]、安達 隼人[1]、永沼 博[2]、小野 倫也[1](1.神戸大工、2.東北大学 CIES, 工,CSRN,CSIS)

P-11：波長可変レーザーを用いた光第 2 高調波顕微鏡システムの開発

○今枝 泰隆[1]、横田 紘子[1,2] (1 千葉大院、2 JST さきがけ)

P-12：フラック法を用いた Bi 置換 $LaSrMnO_3$ エピタキシャル膜の構造と磁性

水船 皓司[1], ○永沼 博[1,2], 丸山 伸伍[1], 松本 祐司[1] (1 東北大院工、2CIES, CSIS, CNRS)

P-13：マグネタイト強磁性トンネル接合の TMR 効果の温度依存性

安井 彰馬 [1], 柳瀬 隆 [2], 島田 敏宏 [2], ○長浜 太郎 [2] (1 北大総化、2 北大工)

P-14：$LaAlO_3/SrTiO_3$ 界面におけるスピン流電流変換に対する d_{xy} 量子化サブバンドの影響

○荒井勝真 [1]、金田真悟 [1]、Le Duc Anh[1]、田中雅明 [1,2]、大矢忍 [1,2] (1 東大院工, 2 東大院工 CSRN)

P-15：結晶合成のいろは(酸化物とハロゲン化物を中心に)

○黒澤 俊介 [1] (1 東北大)

【オーラルセッション PM-1】座長：神永 健一（東北大）

14:15 – 15:00 INV-3：年始めに、科学の未来を考えよう: AI やロボットはマテリアル研究をどう変えるのか?

○一杉 太郎 (東京工業大学)

15:00 – 15:15 Cont-7：$FeO_y/SrTiO_3$ 界面における 2 次元キャリアガスを用いた電界効果トランジスタ

○Le Duc Anh[1,2], Theodorus J. Wijaya[1], Shingo Kaneta-Takada[1], Masaaki Tanaka[1,3], Shinobu Ohya[1,2,3] (1 Dept of EEIS, The Univ. Tokyo, 2 IEI, The Univ. Tokyo,3 CSRN, The Univ. Tokyo)

15:15 – 15:30 Cont-8：Electrical control of two-dimensional carrier gas at the $FeO_y/SrTiO_3$ interface

○Theodorus Jonathan Wijaya[1], Le Duc Anh[1,2], Shingo Kaneta-Takada[1], Masaaki Tanaka[1,3], Shinobu Ohya[1,2,3] (1 EEIS, The Univ. Tokyo, 2 IEI, The Univ. Tokyo, 3 CSRN, The Univ. Tokyo)

15:30 – 15:45 休憩 (15 分)

【オーラルセッション PM-2】座長：安井 伸太郎（東工大）

15:45 – 16:30 INV-4：垂直磁気異方性を有するハーフメタル $NiCo_2O_4$

○菅 大介（京都大学化学研究所）

16:30 – 16:45 Cont-9：ペロブスカイト型マンガン酸化物における温度変化に伴うリバーシブルな自発磁化反転

○山本孟 [1], 関川曉 [1], 谷口晴香 [2], 松川倫明 [2], 重松圭 [3], 本田孝志 [4], 山内邦彦 [5], 池田一貴 [4], 大友季哉 [4], 坂倉輝俊 [1], 東正樹 [3], 二森茂樹 [6], 野田幸男 [1], 木村宏之 [1] (1 東北大学多元研, 2 岩手大学理工, 3 東京工業大学 MSL, 4KEK, 5 大阪大産研, 6NIMS)

16:45 – 17:00 Cont-10：$Sr_3Al_2O_6$ を用いたペロブスカイト酸化物薄膜の異種基板上への転写プロセスの検討

○橋本歩、玉村達哉、川江健（金沢大学）

17:00 – 17:15 Cont-11：Selective growth and micropatterning technique for oxide thin films by sacrificial a-CaO layer

Iwan Dwi Antoro, Takeshi Kawae (College of Sci. & Tech. Kanazawa Univ.)

17:15 – 17:30　　ポスター賞表彰

17:30 – 17:35　　閉会の辞

－協賛企業（五十音順）－

アルバックテクノ株式会社
K & R creation Co., Ltd.
田中貴金属工業株式会社
株式会社高純度化学研究所
株式会社豊島製作所
株式会社富士交易
日本マーテック株式会社
ネオアーク株式会社

本研究グループに協賛して頂きまして有り難うございます。

本事業の一部は、
公益社団法人応用物理学会東北支部
東京大学スピントロニクス学術連携研究教育センター
スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク
の支援により行われました。

強的秩序とその操作に関わる研究グループ

委員長	永沼　博	東北大学
副委員長兼委員長代理	安井　伸太郎	東京工業大学
庶務幹事	成田　克	山形大学
会計幹事	島　宏美	防衛大学校
会計幹事	濵嵜　容丞	防衛大学校
企画幹事	大矢　忍	東京大学
企画幹事	北條　元	九州大学
企画幹事	佐藤　幸生	九州大学
企画幹事	長浜　太郎	北海道大学
企画幹事	野崎　友大	産総研
会員サービス兼企画幹事	丸山　伸伍	東北大学
広報幹事ホームページ、twitter、兼企画幹事	神永　健一	東北大学
オブザーバー	Albert Fert	Thales
オブザーバー（国際化）	Manuel Bibes	CNRS/Thales

２０２１年　強的秩序とその操作に関する第１２回研究会　予稿集

２０２１年１月４日発行

主査　東北大学　永沼 博

副主査　東京工業大学　安井 伸太郎

発行所　仙台市青葉区荒巻字青葉６－６－０５

東北大学大学院工学研究科